

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Patent Application of:

Ralph OPPELT

Application No.: (Unassigned)

Group Art Unit:

Filed: (Concurrently)

Examiner:

For: DIFFERENTIAL AMPLIFIER

**SUBMISSION OF CERTIFIED COPY OF PRIOR FOREIGN
APPLICATION IN ACCORDANCE
WITH THE REQUIREMENTS OF 37 C.F.R. § 1.55**

Commissioner for Patents
PO Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

In accordance with the provisions of 37 C.F.R. § 1.55, the applicant(s) submit(s) herewith a certified copy of the following foreign application:

German Patent Application No(s). 10251702.9

Filed: November 6, 2002

It is respectfully requested that the applicant(s) be given the benefit of the foreign filing date(s) as evidenced by the certified papers attached hereto, in accordance with the requirements of 35 U.S.C. § 119.

Respectfully submitted,

STAAS & HALSEY LLP

Date: 11/6/03

By: Richard A. Gollhofer
Richard A. Gollhofer
Registration No. 31,106

1201 New York Ave, N.W., Suite 700
Washington, D.C. 20005
Telephone: (202) 434-1500
Facsimile: (202) 434-1501

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 102 51 702.9
Anmeldetag: 06. November 2002
Anmelder/Inhaber: Siemens Aktiengesellschaft,
München/DE
Bezeichnung: Differenzverstärker
IPC: H 03 F 1/30

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 11. September 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag



Stanschus

Beschreibung

Differenzverstärker

- 5 Die Erfindung betrifft einen Differenzverstärker.

Differenzverstärker sind als Grundbausteine der Signalverarbeitung in nahezu allen Bereichen der Elektrotechnik seit langem bekannt (z.B. Tietze, U., Schenk, Ch.; „Halbleiterschaltungstechnik“; Springer Verlag, 1986, 8. Aufl., S.66-72). Sie enthalten zwei parallele Zweige mit je einem Verstärkertransistor und einem Kollektorwiderstand. Die an den Emitttern der Transistoren angeschlossenen Leitungen sind zusammengeführt. In die gemeinsamen Emitterleitung ist eine Stromquelle zur Erzeugung eines Ruhestroms geschaltet. Meist finden sich noch ohmsche Emitter- und Basiswiderstände in der Schaltung, die z.B. zur Einstellung des Arbeitspunkts der Transistoren dienen. Eine zwischen den Basisanschlüssen der Transistoren angelegte Eingangsspannung ist in eine Ausgangsspannung zwischen den Kollektoranschlüssen der Transistoren verstärkt.

Wesentliche Merkmale von Differenzverstärkern sind die sogenannte Kleinsignalverstärkung- und das Großsignalverhalten zwischen Eingangs- und Ausgangsspannung. Kleinsignalverstärkung- und Großsignalverhalten können durch relativ einfache mathematische Ausdrücke berechnet werden. Die Begrenzungsspannung im Großsignalbetrieb hängt im wesentlichen ab vom Ruhestrom I_b , den die Stromquelle liefert und dem Widerstandswert R_C des Kollektorwiderstandes. Die Kleinsignalverstärkung hängt ebenfalls von R_C und I_b ab und zusätzlich direkt von der Betriebstemperatur T der Schaltung und dem Widerstandswert R_E des Emitterwiderstandes.

35 Grundsätzlich ist also bei Differenzverstärkern die Kleinsignalverstärkung temperaturabhängig und die Begrenzungsspannung im Großsignalbetrieb temperaturunabhängig solange I_b tempera-

- turunabhängig ist. Die Temperaturabhängigkeit ist in vielen Anwendungen nicht tolerierbar. Die Werte RE und RC sind im allgemeinen unabhängig von der Temperatur. Zur Temperaturkompensation im Kleinsignalverhalten ist deshalb bisher der Ruhestrom I_b gezielt temperaturabhängig ausgeführt, wodurch der Einfluss der Temperatur in der Kleinsignalverstärkung kompensiert und die Kleinsignalverstärkung in einem gewünschten Temperaturbereich konstant ist. Durch die Temperaturabhängigkeit von I_b wird jedoch die Begrenzungsspannung im Großsignalbetrieb wegen der Konstanz von RC temperaturabhängig. Die Stabilität beider Verstärkereigenschaften unabhängig von der Temperatur wird aber oft benötigt, z.B. bei Dynamikkompressoren.
- 15 Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, einen Differenzverstärker anzugeben, bei dem Klein- und Großsignalverhalten unabhängig von der Temperatur sind.

- Die Aufgabe wird gelöst durch einen Differenzverstärker mit
- 20 den Merkmalen des Patentanspruches 1.

- Es wurde erkannt, dass zur temperaturunabhängigen Ausführung der Begrenzungsspannung im Betrieb Großsignalverstärkung I_b temperaturunabhängig sein sollte, insbesondere, wenn auch der Wert RC temperaturunabhängig ist. Zur Temperaturkompensation im Kleinsignalverhalten kann dann RE temperaturabhängig gestaltet werden. Würde man aber nur den Emitterwiderstand einer konventionellen Differenzverstärkerschaltung für sich temperaturabhängig ausführen, so wären die Ruhepotentiale der
- 25 Schaltung nicht mehr konstant, sondern abhängig von der Temperatur. Dies ist in den meisten Fällen nicht tolerierbar.
- 30

- Der erfindungsgemäße Differenzverstärker weist einen temperaturunabhängigen Ruhestrom I_b auf. Außerdem sind die Emitter der beiden Transistoren durch einen Quersweig mit einem temperaturabhängigen Kompensationswiderstand mit Wert $R_K(T)$ verbunden, dessen Widerstandswert einen negativen Temperaturko-
- 35

effizienten aufweist. $RK(T)$ wird also kleiner bei steigender Temperatur T . Die Werte der im Differenzverstärker verwendeten ohmschen Festwiderstände (z.B. R_E , R_C und R_B) sind nicht temperaturabhängig. Durch die Temperaturunabhängigkeit des Ruhestroms I_b ist das Großsignalverhalten des Differenzverstärkers temperaturunabhängig. Wegen des im Querschnitt zwischen den Emittern der Verstärkertransistoren sitzenden Kompensationswiderstandes ergibt sich ein für die Gegenkopplung effektiver Emitterwiderstand, der sich in seinem Wert vom ohmschen Festwiderstand R_E unterscheidet. Da der Kompensationswiderstand in die Berechnung eingeht und dieser temperaturabhängig ist, ist auch der effektive Emitterwiderstand $R_{EE}(T)$ temperaturabhängig. Im erfindungsgemäßen Differenzverstärker ergibt sich der Wert von $R_{EE}(T)$ rechnerisch aus der Parallelschaltung des Emitterwiderstandes R_E und des halben Wertes $\frac{RK(T)}{2}$ temperaturabhängigen Widerstandswertes des Kompensationswiderstandes $RK(T)$. In die Kleinsignalverstärkung geht neben R_C und I_b noch die Größe des effektiven Emitterwiderstandes $R_{EE}(T)$ und die Temperatur T ein. $RK(T)$ ist so gewählt, dass das Temperaturverhalten des effektiven Emitterwiderstands $R_{EE}(T)$ gerade den Einfluss der expliziten Größe T in der Kleinsignalverstärkung kompensiert.

Durch die erfindungsgemäße Lösung wird vermieden, dass sich die Ruhepotentiale in der Schaltung temperaturabhängig ändern, da der Wert des Emitterwiderstandes R_E temperaturunabhängig bleibt. Befindet sich der Verstärker im Gleichgewicht, herrschen also in beiden Zweigen gleiche elektrische Potentiale, so ist der ergänzte Querschnitt mit dem Kompensationswiderstand stromlos und geht somit nicht in die Berechnung der Ruhepotentiale der Schaltung ein. Dies führt zu einer weiteren Stabilisierung des Temperaturverhaltens des Verstärkers, vor allem weil in $RK(T)$ keine ruhestrombedingte Verlustwärme entsteht.

In einer bevorzugten Ausführungsform ist der Kompensationswiderstand durch die Reihenschaltung eines NTC-Widerstandes mit temperaturabhängigem Wert $R_N(T)$ und eines Vorwiderstandes mit temperaturunabhängigem Wert R_V gebildet. Hierdurch ist erreicht, dass die Einstellung des Temperaturverhaltens des effektiven Emitterwiderstandes $R_{EE}(T)$ vereinfacht wird. Durch die Wahl eines festen und eines temperaturabhängigen Widerstandes im Quersweig zwischen den Emittern der Verstärktransistoren entsteht ein zusätzlicher Freiheitsgrad im Aufbau des effektiven Emitterwiderstandes $R_{EE}(T)$ aus Emitterwiderstand R_E , Vorwiderstand R_V und NTC-Widerstand $R_N(T)$. Bei günstiger Wahl von Emitterwiderstand R_E und NTL-Widerstand $R_N(T)$ kann der Vorwiderstand R_V entfallen. Somit enthält der Kompensationswiderstand $R_K(T)$ noch den NTC-Widerstand $R_N(T)$ ohne Vorwiderstand R_V .

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform enthält die Stromquelle einen an Kollektor und Emitter angeschlossenen Transistor in Reihe mit einem endseitig an eine Versorgungsspannung angeschlossenen Biaswiderstand. Außerdem enthält die Stromquelle einen Operationsverstärker, wobei dessen Ausgang an die Basis des Transistors und dessen einer Eingang an den Emitter des Transistors angeschlossen ist. Zwischen dem anderen Eingang des Operationsverstärkers und der Versorgungsspannung ist eine Referenzspannung angelegt. Die Verwendung dieser bekannten Stromquelle im erfindungsgemäßen Differenzverstärker bewirkt eine besonders gute Temperaturstabilisierung des Ruhestromes I_b , bei der die Temperaturstabilität des Stromes nur noch von der Temperaturstabilität der Referenzspannung U_r abhängt.

In einer besonders bevorzugten Ausführungsform ist deshalb für die Referenzspannung U_r ein Band-Gap-Normal verwendet, das sich durch besonders hohe Temperaturstabilität der abgegebenen Referenzspannung U_r auszeichnet.

Zur weiteren Erläuterung der Erfindung wird auf die Ausführungsbeispiele der Zeichnung verwiesen. Es zeigen

- Fig. 1 einen Differenzverstärker mit Kompensationswiderstand,
Fig. 2 eine Ausführungsform des temperaturabhängigen Kompensationswiderstandes,
Fig. 3 eine Ausführungsform der temperaturstabilen Stromquelle, jeweils in einem elektrischen Prinzipschaltbild.

Bei dem in Fig. 1 gezeigten Differenzverstärker ist an eine erste Versorgungsspannung V_{-} eine Stromquelle 12 zur Erzeugung eines Ruhestroms I_b angeschlossen. In Reihe zu dieser liegt eine Parallelschaltung aus zwei gleichen Zweigen 20a und 20b, die wiederum an eine zweite Versorgungsspannung V_{++} angeschlossen sind. Der Zweig 20a enthält die Reihenschaltung aus einem Kollektorwiderstand 22 mit Wert R_C , einem Transistor 24a und einem Emitterwiderstand 26 mit Wert R_E . Der Transistor 24a ist mit Emitter E und Kollektor C in der Reihenschaltung angeschlossen. Die Basis B des Transistors 24a ist über einen Basiswiderstand 28 mit Wert R_B nach Masse geführt. Der Zweig 20b ist analog zum Zweig 20a aufgebaut. Die Bauelemente beider Zweige sind je paarweise gleich; so sind vor allem in der praktischen Ausführung die Transistoren 24a und 24b üblicherweise vom gleichen Typ und aus ein und derselben Fertigungsreihe eines Bauteilherstellers gewählt, damit sie möglichst identische Kennlinienfelder und damit elektrische Eigenschaften aufweisen. Noch besser ist die Ausführung der Transistoren 24a und 24b als Doppel- bzw. Dualtransistor in einem gemeinsamen Gehäuse oder sogar auf einem gemeinsamen Chip sitzend. Zwischen den Basisanschlüssen B beider Transistoren 24a und 24b ist eine Eingangsspannung U_e angelegt. Diese ist vom Differenzverstärker in eine Spannung U_a zwischen den Kollektoranschlüssen C der Transistoren 24a und 24b verstärkt.

Die Emitter der Transistoren 24a und 24b sind über einen Querzweig, enthaltend einen Kompensationswiderstand 30 verbunden, dessen Widerstandswert $R_K(T)$ sich mit der Temperatur derart ändert, dass er bei steigender Temperatur abnimmt. Es handelt sich also um einen Widerstand mit negativem Temperaturkoeffizienten. Dieser Kompensationswiderstand 30 wirkt im Betrieb des Differenzverstärkers als Gegenkopplungswiderstand im Emitterkreis. Da sich der Widerstandswert $R_K(T)$ des Kompensationswiderstands 30 mit der Temperatur ändert, ändert sich der gesamte wirksame Emitterwiderstand $R_{EE}(T)$ in den Zweigen 20a,b, der von R_E und $R_K(T)$ abhängt. Der Wert $R_{EE}(T)$ ist wegen der rechnerischen Parallelschaltung von R_E und $R_K(T)/2$ stets kleiner als R_E . Bei der Dimensionierung der Schaltung muss deshalb zunächst ein höherer Wert R_E gewählt werden als bei einer Ausführung des Differenzverstärkers ohne Querzweig, also ohne Kompensationswiderstand 30. Zusammen mit dem Wert $R_K(T)/2$ ergibt dann der höhere Wert des Emitterwiderstands R_E den kleineren effektiven Widerstandswert $R_{EE}(T)$ im Emitterkreis des Differenzverstärkers, der im wesentlichen bei Raumtemperatur dem ursprünglichen Wert des Emitterwiderstandes R_E entspricht.

Für die Schaltung in Fig. 1 gilt, dass die verwendeten ohmschen Festwiderstände 22, 26 und 28 weitestgehend derart temperaturstabil sind, dass sie keinen merklichen Einfluss auf das Temperaturverhalten der Schaltung bezüglich der Klein- und Großsignaleigenschaften haben.

Geht man von der Boltzmannkonstanten k , der Elementarladung q und der absoluten Temperatur T in Kelvin aus, so erhält man die Temperaturspannung

$$(G1) \quad U_T = \frac{kT}{q}$$

und hieraus mit Hilfe des Kollektorstromes I_C durch den Kollektorwiderstand 22 die Steilheit

$$(G2) \quad S = \frac{IC}{U_T}.$$

Mit den Werten des aus dem Emitterwiderstand 26, R_E und dem
 5 Kompensationswiderstand 30, $R_K(T)$ gebildeten effektiven Emit-
 terwiderstand $REE(T)$ $REE(T) = \frac{R_E \cdot R_K(T)}{2R_E + R_K(T)}$ und dem Kollektorwi-
 derstand 22, R_C ergibt sich die Kleinsignalsspannungsverstär-
 kung im Differenzverstärker zu

$$10 \quad (G3) \quad v = \frac{U_a}{U_e} = \frac{RC}{REE(T) + \frac{1}{S}}.$$

Setzt man nun (G1) und (G2) in (G3) ein, so erhält man wegen
 $IE \approx IC$ und $I_b \approx 2IE$

$$15 \quad (G4) \quad v = \frac{RC}{REE(T) + \frac{2kT}{qI_b}}.$$

Die Kleinsignalsspannungsverstärkung v ist also direkt abhän-
 gig von der Temperatur T .

20 Für das Großsignalverhalten der Schaltung ist die maximale
 Spannung $U_{a,max}$, die sogenannte Begrenzungsspannung, maßgeb-
 lich. Diese ist als Spitze-Spitze-Wert.

$$(G5) \quad U_{a,max} = 2RCI_b.$$

25

Sie ist also zwar von I_b , nicht aber von der Temperatur ab-
 hängig.

Das Temperaturverhalten der Schaltung nach Fig. 1 ist nun wie
 30 folgt: Da der Strom I_b aufgrund der Ausführung der Stromquel-
 le 12 temperaturstabil ist und der Widerstandswert RC ebenso,
 ist das Großsignalverhalten des Differenzverstärkers nach

(G5) temperaturstabil. Für das Kleinsignalverhalten nach (G4) gilt, dass dort neben den Konstanten k und q auch I_b und R_C temperaturstabil sind. Eine Kompensation des Einflusses der Variablen T in (G4) wird deshalb durch die geeignete Wahl der Temperaturabhängigkeit von $REE(T)$ vorgenommen. Es wird also das Temperaturverhalten des Kompensationswiderstandes 30, $R_K(T)$ derart gewählt, dass der Nenner in (G4) für Temperaturen T in einem gewünschten Temperaturintervall zwischen T_1 und T_2 konstant bleibt, dass also gilt

$$(G6) \quad REE(T) + \frac{2kT}{qI_b} = \text{const.} \quad \forall \quad T \in [T_1, T_2].$$

Der Arbeitspunkt eines Transistors wird hauptsächlich durch dessen Ruhestrom festgelegt. Der Ruhestrom ist beim Differenzverstärker durch die Stromquelle festgelegt. Die Ruhepotentiale im Differenzverstärker sind vom Ruhestrom und z.B. den Emitterwiderständen abhängig. Durch die Wahl eines Kompensationswiderstandes 30 als Quersweig im Differenzverstärker ist dieser Zweig im Ruhezustand des Verstärkers stromlos, da die Emitter beider Transistoren auf gleichem elektrischem Potential liegen. Somit werden die Ruhepotentiale der gesamten Schaltung durch den Kompensationswiderstand 30 nicht beeinflusst, was wiederum zur Stabilisation des Temperaturverhaltens der Schaltung beiträgt.

In Fig. 2 besteht der Kompensationswiderstand 30 aus zwei in Reihe geschalteten Einzelwiderständen, nämlich einem Vorwiderstand 32 mit Wert R_V und einem temperaturabhängigen NTC-Widerstand 34 mit Wert $R_N(T)$. Ein NTC-Widerstand hat ein nach Datenblatt spezifiziertes Temperatur-Widerstands-Verhalten.

Fig. 3 zeigt die Stromquelle 12 in einer sehr temperaturstabilen Ausführungsform. Sie ist in bekannter Weise aufgebaut und enthält einen an Kollektor und Emitter angeschlossenen Biastransistor 14 in Reihenschaltung mit einem Biaswiderstand 16 mit Wert R_b . Die Stromquelle 12 enthält außerdem einen

Operationsverstärker 18, dessen Ausgang 21 an die Basis des Transistors 14 geführt ist. Im gezeigten Ausführungsbeispiel ist der Transistor 14 ein Bipolartransistor. Anstelle dessen könnte natürlich auch ein Feldeffekttransistor Verwendung
5 finden. Der Emitter des Transistors 14 ist an einem Eingang 23 des Operationsverstärkers 18 angeschlossen. Der andere Eingang 25 des Operationsverstärkers 18 ist mit einer Referenzspannung U_r bezüglich des Anschlusses 19 der Stromquelle 12 beaufschlagt.

10

Für die Referenzspannung U_r kann z.B. ein bezüglich der Temperatur hoch spannungsstabiles Band-Gap-Normal verwendet werden. Durch die Ausführung der Stromquelle 12 mit einem Band-Gap-Normal ist dafür gesorgt, dass die Stromquelle 12 einen
15 Strom I_b liefert, der in höchstem Maße temperaturstabil ist. Zunächst ist die vom Band-Gap-Normal erzeugte Spannung sehr temperaturstabil. Die in Fig. 3 gezeigte Schaltung erzeugt hieraus einen sehr temperaturstabilen Strom. Sie „überträgt“ somit die Temperaturstabilität von der Spannung auf den
20 Strom.

Patentansprüche

1. Differenzverstärker mit zwei in parallelen Zweigen (20a,b) angeordneten Verstärkertransistoren (24a,b) und einer in deren gemeinsame Emitterleitung geschalteten Stromquelle (12) zur Erzeugung eines temperaturunabhängigen Ruhestroms, dadurch gekennzeichnet, dass die Emitter der beiden Verstärkertransistoren (24a,b) über einen Kompensationswiderstand (30) miteinander verbunden sind, der einen negativen Temperaturkoeffizienten besitzt.
2. Differenzverstärker nach Anspruch 1, bei dem der Kompensationswiderstand (30) einen NTC-Widerstandes (34) enthält.
3. Differenzverstärker nach einem der Ansprüche 1 oder 2, bei dem die Stromquelle (12) einen Biastransistor (14) in Reihe mit einem Biaswiderstand (16), und einen Operationsverstärker (18) enthält, dessen Ausgang (21) an die Basis des Biastransistors (14) und dessen einer Eingang (23) an den Emitter des Biastransistors (14) angeschlossen ist, und an dessen anderem Eingang (25) eine Referenzspannung bezüglich des Anschlusses 19 der Stromquelle 12 angelegt ist.
4. Differenzverstärker nach Anspruch 3, bei dem für die Referenzspannung ein Band-Gap-Normal verwendet ist.

Zusammenfassung

Differenzverstärker

- 5 Die Erfindung betrifft einen Differenzverstärker mit zwei in parallelen Zweigen angeordneten Verstärkertransistoren und einer in deren gemeinsame Emitterleitung geschalteten Stromquelle zur Erzeugung eines temperaturunabhängigen Ruhestroms. Um sowohl die Kleinsignalverstärkung als auch das Großsignalverhalten temperaturunabhängig auszuführen sind die Emitter der beiden Verstärkertransistoren über einen Kompensationswiderstand, der einen negativen Temperaturkoeffizienten besitzt, miteinander verbunden.

15 FIG 1

FIG 1

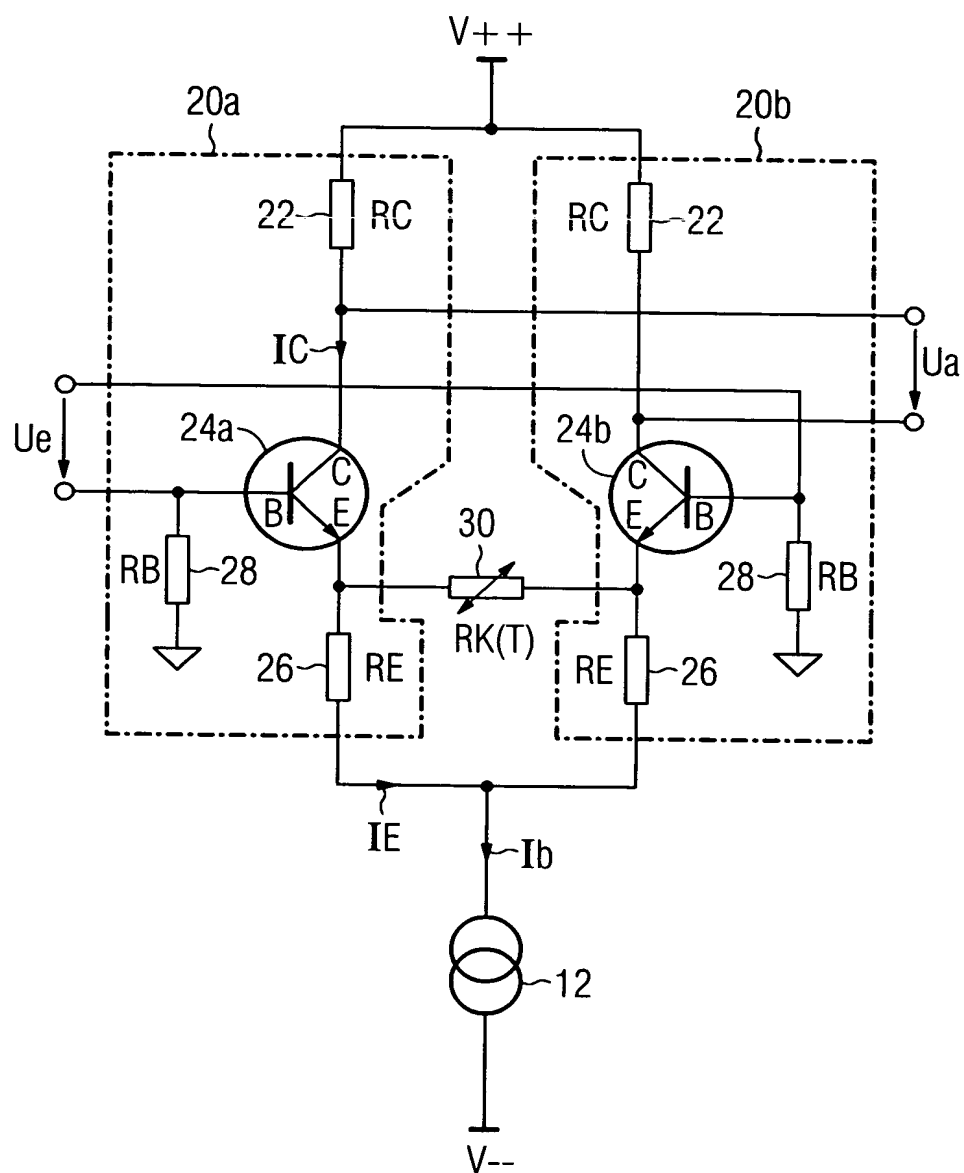


FIG 2



FIG 3

